

金沢市における現実道路ネットワークへの適用を図る改良吸収マルコフ連鎖OD推計法の実施例*

An improved absorbing Markov chain OD estimation model for real road network and its application to Kanazawa City*

安藤正幸**・高山純一***・中山晶一朗****

By Masayuki ANDOU**・Jun-ichi TAKAYAMA***・Shoi-chiro NAKAYAMA****

1. はじめに

(1) 研究の背景

道路計画の立案において交通需要の把握は重要事項であり、一般に全国道路街路交通情勢調査（道路交通センサス：以降「センサス」と称す）結果や総合交通体系調査（パーソントリップ調査：以降「PT」と称す）結果によるOD交通量（以降「OD」と称す）を用いることが多い。しかし、朝夕の渋滞対策を考慮した道路計画では、日交通量に加え渋滞時の交通量・重方向の把握が重要であり、渋滞時のODの推定が必要となる。

石川県金沢市尾張町地区において、朝夕の渋滞時に外周の一般国道157号および159号が混雑するため、幅員5～7mの生活道路に通過交通が入り込み、生活環境の改善が求められていた。本研究は、尾張町地区における一般国道159号の改良事業にあたり、最適な交通計画の立案のため、渋滞時のODの推定が課題であった。



図-1 計画区域概要図

(2) 既存OD利用の問題点

交通計画において一般に用いられている既存ODとし

*キーワード：交通流，発生交通量，目的地選択

** 正会員 金沢大学大学院 博士後期課程

(〒921-8042 石川県金沢市泉本町2-126

TEL 076-243-8326, E-mail m-andou@nihonkai.co.jp)

*** フェロー 工博 金沢大学理工研究域環境デザイン学系

**** 正会員 博(工) 金沢大学理工研究域環境デザイン学系

て、センサスODとPTODが挙げられる。センサスODは全国を約6,800ゾーンに分割するものの、図-2に示すようにゾーンの分割範囲が大きく、当該地域の検討においては微視的な道路利用者の動向が反映できないと考えられる。

また、金沢都市圏では、平成19～20年度に金沢都市圏総合交通体系調査（PT調査）が行われており、当該PTODの利用も考えられるが、図-3に示すように検討対象範囲に対し1ゾーンが大きく、利用者動向と一致するODの細分化が困難である。

さらに、センサスODやPTODは、1日の交通需要であるため、朝夕の交通の偏り（重方向率）が不明瞭であり、また、時間的変動がとらえられないため、朝夕渋滞時の交通状況の解析には不向きと考えられる。

よって、道路利用者の動向を詳細に反映し、渋滞時の交通需要を表現できるODが必要である。

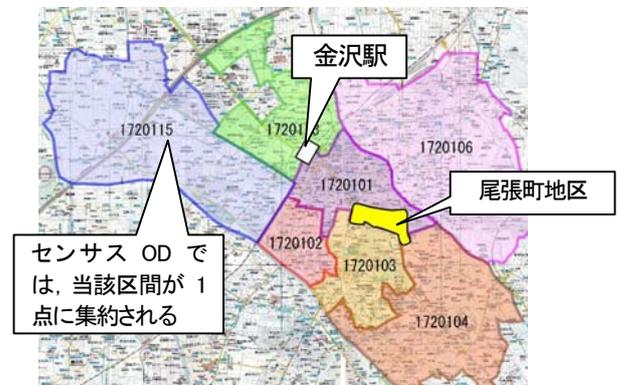


図-2 センサスにおけるゾーン区分図

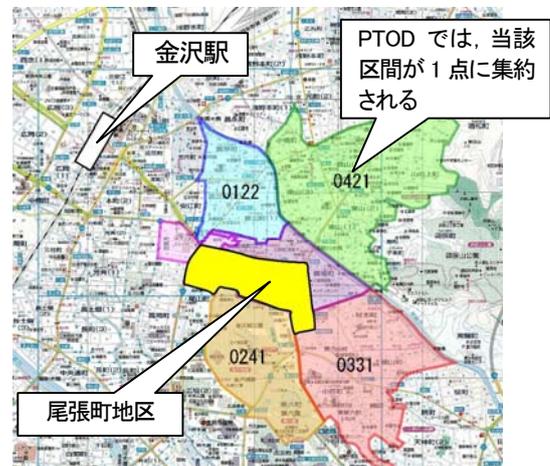


図-3 パーソントリップ調査におけるゾーン区分図

(3) 既存のOD推計研究の整理

ODの推定は、これまで種々の研究が行われてきており、既存ODを利用するモデル(タイプA)や、観測交通量からODを与えるモデル(タイプB)がある。

タイプAのモデルは、既存ODを観測交通量の値により修正するものであり、定式化方法(目的関数及び制約条件の組合せ)により分類される。自動車1台1台を区別して微視的にとらえ、各道路区間での計算交通量が観測交通量に一致するとしてODの出現が最大となるOD分布を求めるエントロピー最大化法^{1) 2)}があり、この改良型として、推計OD交通量の総和を未知数として定式化を行う改良Willumsen法³⁾がある。

また、既存のODを道路区間で実測値により修正する残差平方和最小化モデル^{4) 5)}がある。飯田⁶⁾は、リンクフローの計算値と観測値の残差平方和が最小となるモデルの定式化によりODを推計する方法を提案した。その後、Dial法⁷⁾を導入し、経路選択問題を内生化したモデル⁸⁾や一重制約型重力モデルで定式化したモデル⁹⁾へと改良されている。近年では、残差平方和最小化モデルを応用した既存ODの時点修正法¹⁰⁾やセンサスODのゾーンへ適用した逆推計モデル¹¹⁾がある。

一方、タイプBには、交通量観測値から重力モデル式のパラメータを推定する手法や交差点分岐率を用いた吸収マルコフ連鎖によるOD推計手法がある。

重力モデル式のパラメータを推定する手法としては、D. E. Low¹²⁾がゾーン間交通量を、人口による重力モデル式の線形回帰により解くモデルを作成し、T. Jensen and S. K. Nielsen¹³⁾は、重力モデルのパラメータをAll-or-Nothing法による計算交通量と観測交通量の残差平方和が最小となるように決定する手法を提案した。更に、このモデルをJ. Holm et al¹⁴⁾が改良し、最尤法を用いて重力モデルのパラメータを推定する方法に発展させた。その後、ODの同時生起確率密度が最大となるODペアを推定するモデル¹⁵⁾が提案された。

また、交差点分岐率による吸収マルコフ連鎖によるOD推計手法は、佐佐木¹⁶⁾が、経路選択は交差点の分岐率に従うと仮定し、吸収マルコフ連鎖を用いたことに始まる。米谷・前島¹⁷⁾は、交通量の時間的な変化を求め、単純な交通渋滞現象への適用について考察した。米谷・佐佐木・西藤¹⁸⁾は、比較的短距離交通により構成される交通を対象として、分岐率によるマルコフ連鎖の妥当性と、ODの推定を検討している。大矢¹⁹⁾は、交通規制を実施した場合の道路区間交通量の算定において、吸収マルコフ連鎖によるOD推計法の有用性を示している。西井・古屋・坂井²⁰⁾は、時間帯別ODを推定し、幹線道路の時間帯別断面交通量分布の算出方法を提案している。高山・杉山^{21) - 23)}は、都市内の限定した対象地域を設定し、遺伝的アルゴリズム(GA)により交通を発生させ、

吸収マルコフ連鎖による経路選択を与え、ODを求める推計法を提案している。さらには、サイクル回路を回避する推計手法²⁴⁾や、経路選択にLOGITモデルを採用した推計法²⁵⁾が提案されているほか、吸収マルコフ連鎖法の精度の研究²⁶⁾が行われている。

(4) 推計手法の選定と本研究の特徴

本研究では、渋滞時の検討を行うためODの時間的変動を表現し、比較的簡単にODが求められる「吸収マルコフ連鎖OD推計法」を採用する。

吸収マルコフ連鎖OD推計法は、現実的でないサイクル経路や長大経路を含むという問題があり、ネットワークが大きい場合その悪影響が顕著になる可能性がある。また、吸収マルコフ連鎖OD推計法は、発生交通量と吸収交通量によりODを求めるものであるが、吸収交通量は外生的設定にした吸収率により定めており、この吸収率を調査等で得ることは現実道路ネットワークでの適用では困難なことが多い。

本研究の改良点の一つは、到達確率の算定において、現実的でない経路を削除するため、逆行列によるサイクル経路等を含む全経路への配分を行わず、ネットワークのリンク遷移回数に上限を与え、逐次計算を行うものとした。これにより、現実的でないサイクル経路や長大経路を削除するとともに、厳密な計算には計算コストがかかり、行列の形状によっては安定的に計算できない逆行列の計算を回避することができ、より安定した高速計算が可能となる。また、もう一つの改良点は、これまで対象ネットワークにおける地域内への吸収交通量を固定した吸収率で与えていたが、その吸収率を調査等で外生的に与えることは困難であるため、得られた観測交通量や部分的なナンバープレート調査データを用いて、域内からの発生交通量に応じて吸収率をGAにより内生的に決めるものとした。

以上の改良吸収マルコフ連鎖OD推計法の妥当性を検討するために、金沢市尾張町地区の道路ネットワークに適用し、その適用性を検討する。

2. 研究の概要

(1) 研究の流れ

本研究は、以下の手順で行った(図-4参照)。

- a) ナンバープレート調査により実測 OD が得られている破線エリアにおいて、吸収マルコフ連鎖法の予備検証を行い、妥当性の検証と課題の抽出を行う。
- b) 予備検証結果を踏まえ、方向別交通量(分岐率)が実測された今回検討対象地域となる尾張町地区に吸収マルコフ連鎖法を適用する。

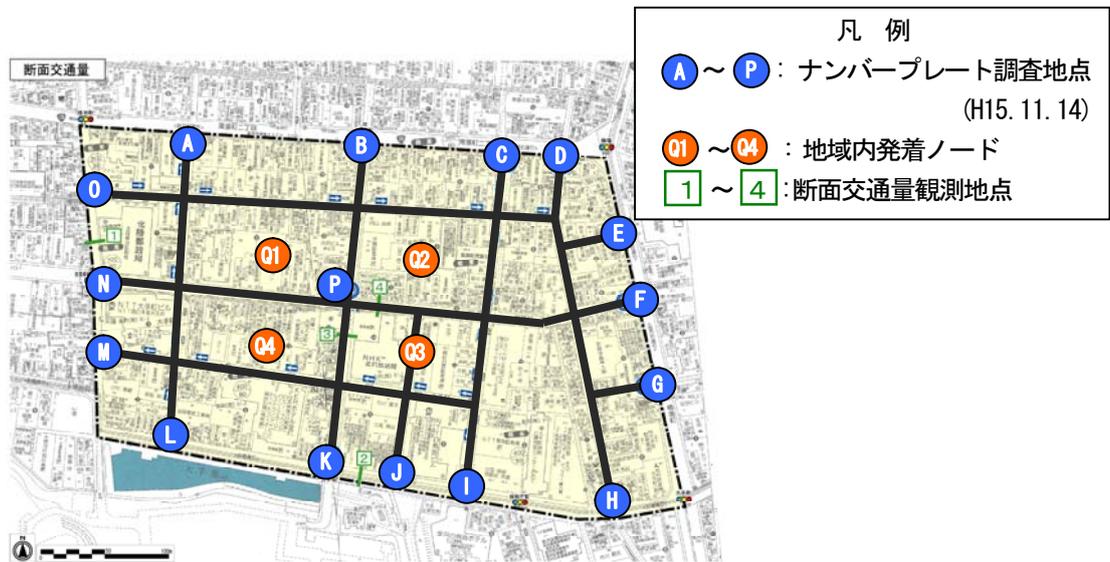


図-6 ナンバープレート調査位置図

表-1 観測OD

【単位: 台/12h】

流入地点	流出地点																出入合計
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Q	
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	58	0	0	72	9	104	16	391	41	23	901	0	75	349	0	45	2084
C	8	13	0	19	7	25	3	24	29	4	18	0	5	48	0	22	225
D	1	2	0	0	8	15	8	54	4	0	1	0	1	11	0	21	126
E	0	3	0	31	0	6	2	14	0	1	2	0	0	13	0	1	73
F	37	19	0	13	4	0	10	31	5	4	18	0	7	111	0	24	283
G	2	5	0	6	1	5	0	29	0	0	3	0	2	10	0	6	69
H	18	18	0	227	5	33	14	0	8	5	11	0	3	84	0	37	463
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	15	30	0	5	0	22	2	8	7	0	23	0	6	32	0	30	180
K	376	1822	0	21	5	42	3	36	22	12	0	0	97	515	0	111	3062
L	635	37	0	4	1	19	1	9	2	5	16	0	58	96	0	48	931
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	137	325	0	49	8	484	28	407	36	16	395	0	44	0	0	66	1995
O	92	88	0	27	10	4	2	29	4	1	63	0	1	31	0	40	392
Q	54	60	0	44	9	47	6	45	37	8	46	0	13	56	0	0	425
出入合計	1433	2422	0	518	67	806	95	1077	195	79	1497	0	312	1356	0	451	10308

ここに、 $Q=Q1+Q2+Q3+Q4$

(2) 吸収マルコフ連鎖法によるOD推計の計算方法

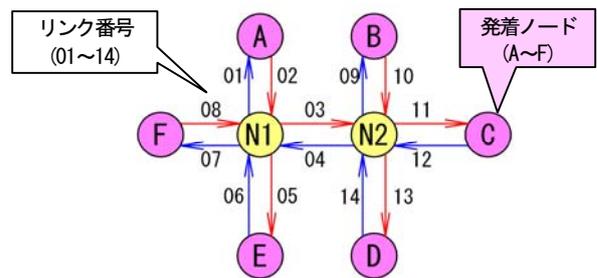
吸収マルコフ連鎖法によるOD推計の計算方法は、以下の手順で行う。

a) 遷移確率行列の作成

本研究では、交差点における右左折・直進率を「分岐率」と称し、分岐率を行列化したものを「遷移確率行列」と称する。

遷移確率行列を作成するために分岐率が必要であるが、ナンバープレート調査では方向別交通量が観測されていないため、分割分配法による交通量推計を行い、各交差点における分岐率を算定し、遷移確率行列を作成した。

図-7 に示すネットワーク模式図を例として、具体的な遷移確率行列(W)を示すと、図-8の通りとなる。



ここに、L:左折, S:直進, R:右折,

N1, N2:ノード番号, -1~4:方向の区分

図-7 発着ノードと交差点・リンクの関係を示すネットワーク模式図

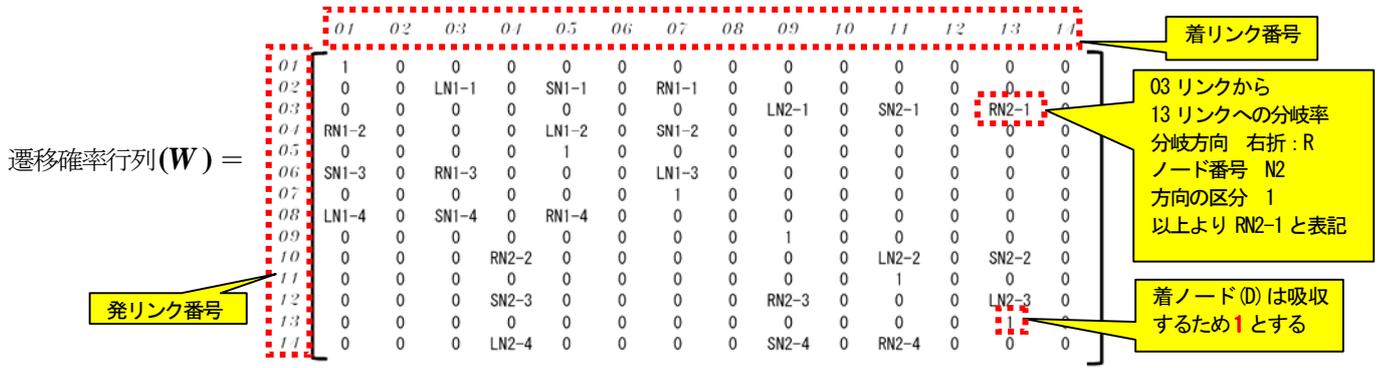


図-8 遷移確率行列の説明図

b) 吸収マルコフ連鎖による推計OD交通量の算定
発ノード(i) から着ノード(j) への到達確率(P_{ij}) は次式により算定される。

$$P_{ij} = I_i \times W^n$$

ここに、

P_{ij} : 発ノード(i) から着ノード(j) への到達確率

I_i : 発ノード(i) における単位行列

W : 遷移確率行列

n : 遷移回数

また、発ノード(i) から着ノード(j) への OD(T_{ij}) は、次式により算定される。

$$T_{ij} = Q_i \times P_{ij}$$

ここに、

T_{ij} : 発ノード(i) から着ノード(j) への OD

Q_i : 発ノード(i) における発生交通量

以上より、各地点間の発着交通量(OD)を算定する。

c) 着ノードの到達遷移回数と到達確率の確認

計算事例として、検討対象地域の B ノードを発進し、各着ノードへの到達確率と、その遷移回数を算定する。

なお、検討対象地域のリンク図を図-9 に、遷移回数と到達確率を表-2 に示す。

表-2 より、B ノードから各着ノードに最小遷移回数で到達する確率の合計は、0.922 であり、第 2 位に到達する確率までを考慮すると、各着ノードへの到達確率の合計は 0.980 である。

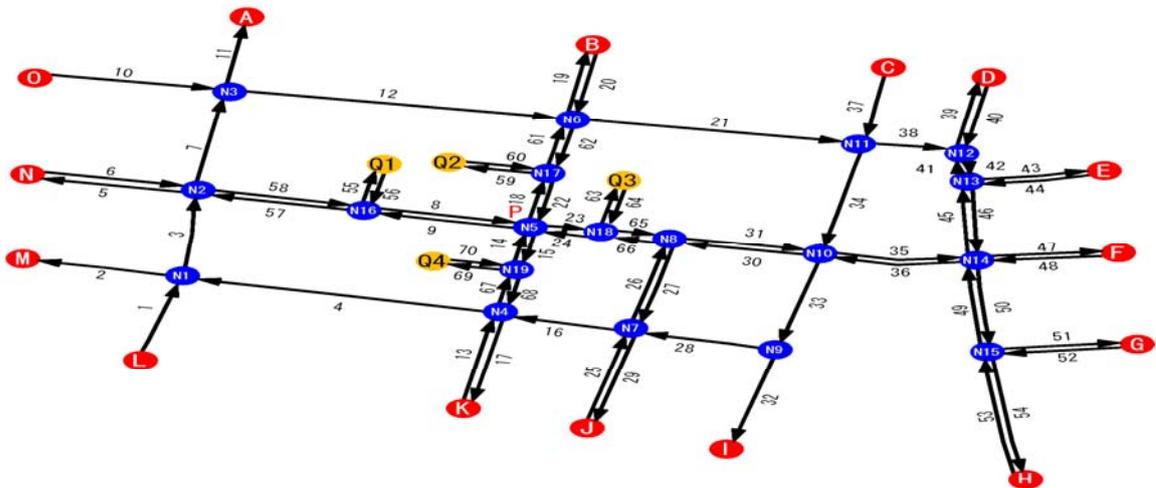


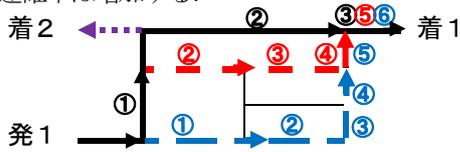
図-9 検討対象地域リンク図

表-2 遷移回数と到達確率表

遷移回数	Bゾーン 発																			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Q1	Q2	Q3	Q4	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0.075	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.003	0.023
5	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0.386	0	0	0.135	0	0	0	0	0	0
6	0.054	0	0	0	0	0	0.01	0.132	0	0.002	0	0	0.023	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0.062	0	0	0.006	0	0	0	0	0.138	0	0	0	0	0	0
8	0.065	0	0	0	0.01	0	0.012	0.15	0	0.003	0	0	0	0	0	0	0.012	0.009	0.004	0
9	0	0	0	0.076	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.023

最小遷移回数で着ゾーンに到達する確率 = 0.922
第2位に到着する確率 = 0.980

図-10 に示す発1から着1のように、ネットワークの構成により、サイクル経路や非現実的な迂回を生じない場合でも経路の違いにより遷移回数が増加するとともに到達確率は増加する。



実線ルートの到達遷移回数=3回

破線ルートの到達遷移回数=5回

一点破線ルートの到達遷移回数=6回

図-10 遷移回数説明図

このとき、図-10 に示すような隣り合う発着ノード間（発1→着2）では、最小の遷移回数で到達すると考えられ、迂回をしてくる経路（遷移回数が多い経路）は現実的ではない。よって、遷移回数はできるだけ少ない方が現実的である。

また、最小遷移回数の経路のみを採用することは、発ノードから着ノードへの経路を1経路しか認めないこととなるため、これも現実的でない。

以上より、遷移回数を極力減らし、複数の経路選択を許容するため、各着ノードに第2位に到達する確率までを計算するものとした。

先の事例では、B～Q の各ノードを発生し(A, I, M は一方通行の出口のため、発生交通量はない)、各着ノードへの第2位までの到達確率は、0.980～1.000 とほぼ1となり、実用上誤差の問題ないものとする。

なお、各着ノードへの到達確率の合計を1とするために、不足分(例 B ノードから発生する場合 0.020=1-0.980)は、各着ノードの到達確率に応じて按分する。

(3) OD 推計結果

以上の計算方法により 12 時間 OD を推計した結果を表-3 及び図-11 に示す。

表-3 観測 OD と推計 OD の比較

観測 OD (12h)

【単位：台/12h】

流入地点	流出地点																出入合計
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Q	
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	58	0	0	72	9	104	16	391	41	23	901	0	75	349	0	45	2084
C	8	13	0	19	7	25	3	24	29	4	18	0	5	48	0	22	225
D	1	2	0	0	8	15	8	54	4	0	1	0	1	11	0	21	126
E	0	3	0	31	0	6	2	14	0	1	2	0	0	13	0	1	73
F	37	19	0	13	4	0	10	31	5	4	18	0	7	111	0	24	283
G	2	5	0	6	1	5	0	29	0	0	3	0	2	10	0	6	69
H	18	18	0	227	5	33	14	0	8	5	11	0	3	84	0	37	463
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	15	30	0	5	0	22	2	8	7	0	23	0	6	32	0	30	180
K	376	1822	0	21	5	42	3	36	22	12	0	0	97	515	0	111	3062
L	635	37	0	4	1	19	1	9	2	5	16	0	58	96	0	48	931
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	137	325	0	49	8	484	28	407	36	16	395	0	44	0	0	66	1995
O	92	88	0	27	10	4	2	29	4	1	63	0	1	31	0	40	392
Q	54	60	0	44	9	47	6	45	37	8	46	0	13	56	0	0	425
出入合計	1433	2422	0	518	67	806	95	1077	195	79	1497	0	312	1356	0	451	10308

推計 OD (12h)

【単位：台/12h】

流入地点	流出地点																出入合計
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Q	
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	137	0	0	162	21	132	25	319	13	6	824	0	50	292	0	104	2085
C	19	21	0	21	3	11	3	37	30	3	16	0	1	47	0	12	224
D	1	2	0	0	6	24	6	80	0	0	1	0	0	4	0	0	124
E	1	1	0	31	0	9	2	28	0	0	0	0	0	1	0	0	73
F	35	38	0	16	2	0	3	39	8	5	29	0	2	85	0	22	284
G	3	3	0	18	2	3	0	29	1	0	2	0	0	7	0	2	70
H	30	33	0	197	23	35	14	0	7	4	25	0	1	74	0	19	462
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	18	22	0	1	0	20	1	17	5	0	37	0	4	42	0	11	178
K	271	1695	0	24	3	89	8	99	19	9	0	0	163	514	0	168	3062
L	566	35	0	2	0	26	2	24	6	3	31	0	60	168	0	9	932
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	213	328	0	4	3	401	26	336	97	44	390	0	23	0	0	129	1994
O	102	128	0	18	2	13	3	33	1	0	60	0	4	21	0	8	393
Q	36	128	0	3	0	49	2	42	12	4	81	0	5	89	0	0	451
出入合計	1432	2434	0	497	65	812	95	1083	199	78	1496	0	313	1344	0	484	10332

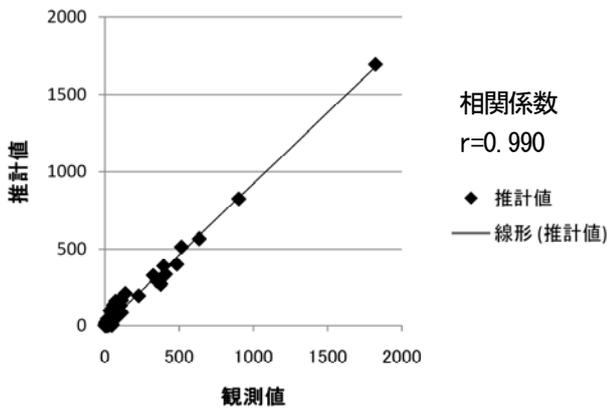


図-11 観測ODと推計ODとの相関図(12h)

また、朝(7:00~9:00)及び夕(17:00~19:00)におけるOD推計結果を図-12に示す。

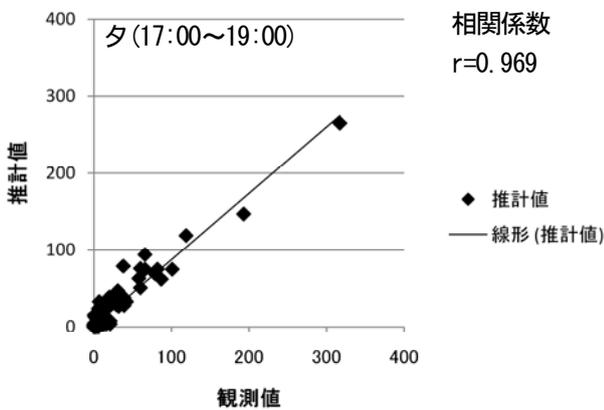
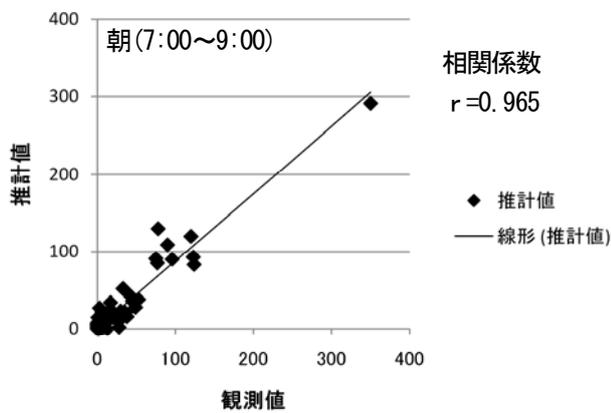


図-12 観測ODと推計ODとの相関図(朝・夕)

以上より、12時間及び朝夕の観測ODと推計ODの相関係数は0.965~0.990と非常に高い結果となった。

4. 遺伝的アルゴリズムによる「内」交通量の推定

(1) OD推計結果の考察

本研究では、現実的でない経路をできるだけ解消し、誤差が事実上問題とならないODを計算するため、逐次計算により第2位に着ゾーンに到達する到達確率までを考慮する手法で計算を行った。

この結果、吸収マルコフ連鎖法による推計ODは、表-4に示すとおり、ナンバープレート調査による観測ODとの相関が非常に高いものとなった。

表-4 OD推計結果の内訳

項目	外外交通	外内交通	内外交通	全体	
1	交通量	9,432	451	425	10,308
2	比率	91.5%	4.4%	4.1%	100.0%
h	相関係数	0.992	0.864	0.796	0.990
朝	交通量	1,487	397	119	2,003
	比率	74.2%	19.8%	6.0%	100.0%
	相関係数	0.982	0.936	0.596	0.965
夕	交通量	1,615	127	346	2,088
	比率	77.3%	6.1%	16.6%	100.0%
	相関係数	0.985	0.886	0.906	0.969

※外外交通：調査対象地域外から流入し、調査対象地域外へ流出する交通
 外内交通：調査対象地域外から流入し、調査対象地域内に吸収される交通
 内外交通：調査対象地域内から発生し、調査対象地域外に流出する交通

しかし、OD推計結果の内訳を精査すると、外外交通の相関係数は非常に高いものの、地区内を発着点とする外内、内外交通の相関係数は低いものとなった。

相関係数が低い原因としては、外内、内外交通の発着地点を4箇所(Q1~Q4)仮定したが、現実の発着点と一致していないこと、及び仮定した4箇所からの発着交通量が現実と一致していないことが考えられる。

(2) 尾張町全地区の検討

予備検証結果より、外内、内外交通の発着量およびその発着地点の設定が課題となることが判明した。

これを踏まえ、当初の検討対象範囲である尾張町全地区を対象に、交通量観測データを用いた検討を行った。

検討対象範囲および交通量観測地点を図-13に示す。

凡例

- 尾張町全地区検討範囲
- 前述の予備検証範囲 (OD実測範囲H15.11.14)
- 方向別交通量観測箇所 (H20.10.23観測)

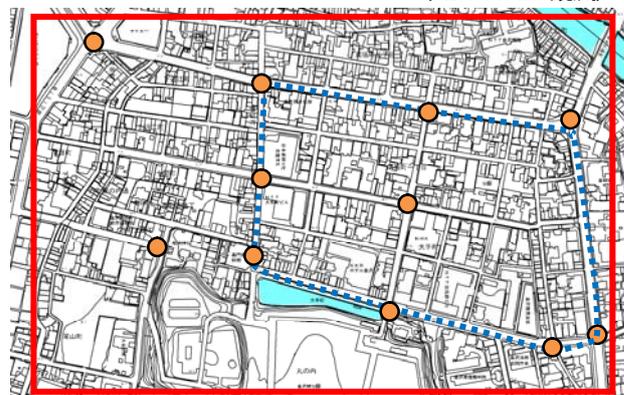


図-13 検討範囲及び交通量観測地点説明図

(3) GAによる内外交通の発生量の推定
 遺伝的アルゴリズム (GA) とは、自然淘汰により最適な遺伝子が残ってきたように、システムの中で自然淘汰のシミュレーションを行い、最適解を求めるものである。計算手順は以下の通りである (図-14 参照)。

a) 遺伝子として、地区内保有台数を最大値とする内外交通の発生量の配列(3,000組)をランダムに作成し、発生交通量に応じて域内への吸収率を内生的に決定する。吸収マルコフ連鎖により各リンク選択確率を算定し、各リンクの交通量を推定する。

b) 観測リンクにおいて、観測交通量と推計交通量との残差平方和の総和を求め、この逆数を評価値とする。

$$\text{評価値} = 1 / \sum (\text{観測交通量} - \text{推計交通量})^2$$

c) 3,000組のランダムデータの結果より、評価値が大きい発生交通量配列を残すエリート選択を採用する。

d) 最適解を求めるため、交叉 (発生交通量配列の並び替え) や突然変異 (発生交通量配列の一部をランダムに発生) を行う。

e) 上記計算を 500 回行う。

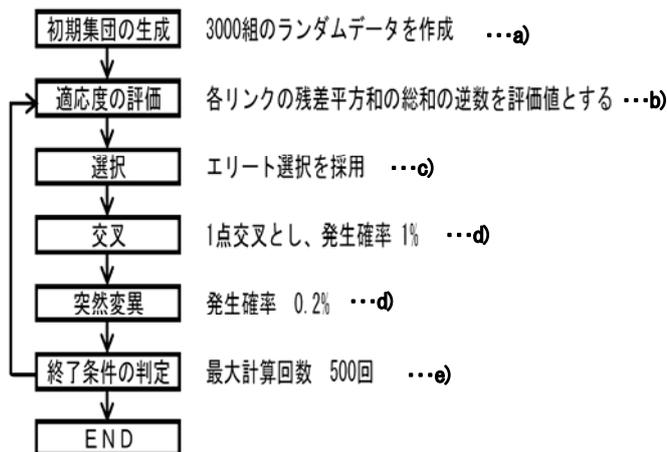


図-14 GAの計算フロー図

なお、域内への吸収率は、図-15 に示すように、観測交差点間の流入出観測値を与値とし、GAによる内外交通の発生量に応じて、変動するように設定した。

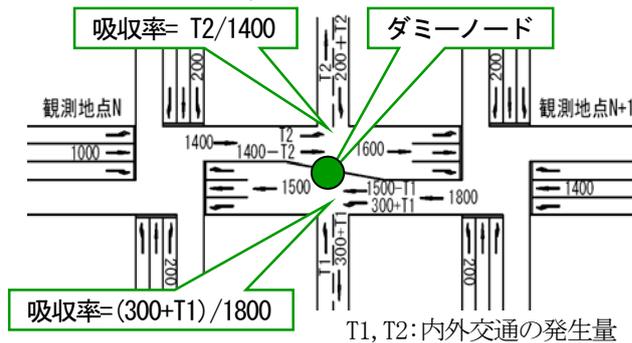


図-15 ダミーノード説明図

また、計算に用いたリンク図を図-16 に示す。

(4) GA吸収マルコフ連鎖による推計結果

a) 内外交通の発生量の設定

内外交通の発生量は、ダミーノード部の自動車保有台数を上限値として、交通量観測が平成20年10月であるため、金沢市における自動車保有台数(H20.3)と、平成20年10月における地区別世帯数から表-5に示すとおり算出した。

表-5 地区別自動車保有台数表

地区名	世帯数	自動車保有台数
下近江町	13	22
下松原町	5	9
下堤町	54	93
高岡町	318	547
十間町	72	124
上近江町	25	43
西町3番丁	9	15
西町4番丁	23	40
西町藪ノ内通	16	27
袋町	21	36
大手町	252	433
博労町	21	36
尾張町1丁目	466	801
尾張町2丁目	206	354
武蔵町	329	565
金沢市全体	183,495	315,359

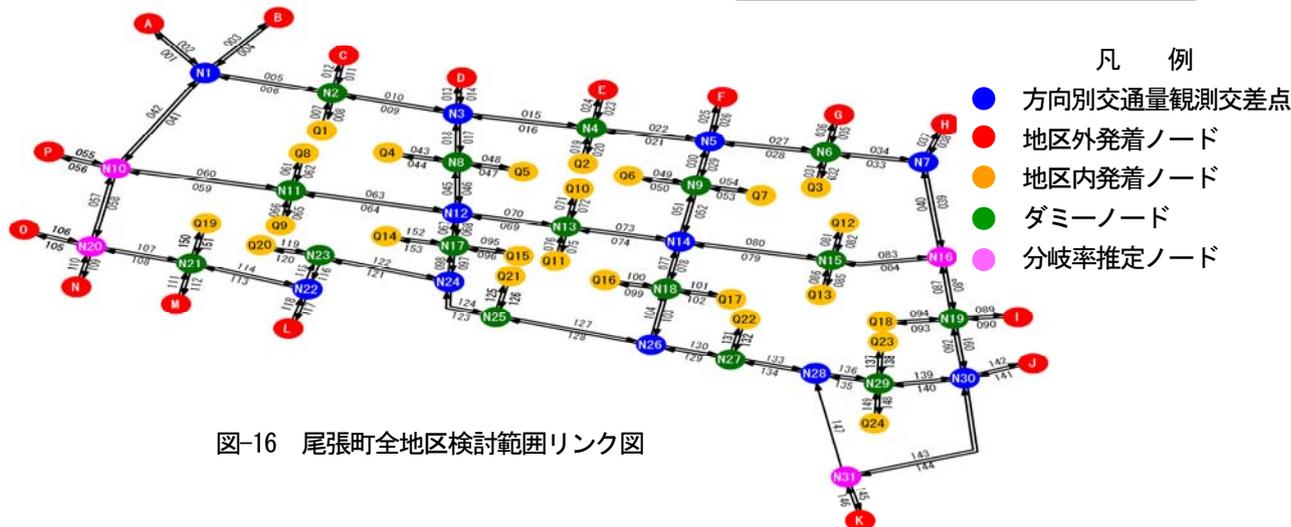


図-16 尾張町全地区検討範囲リンク図

b) 検討対象時間帯

検討対象時間帯は、利用者動向の反映状況も合わせて検討するため、運転者動向に偏りのある朝ピーク時(7:00~9:00)を対象として計算する。

c) 推計結果

GAにおける評価値の変動を図-17に示す。

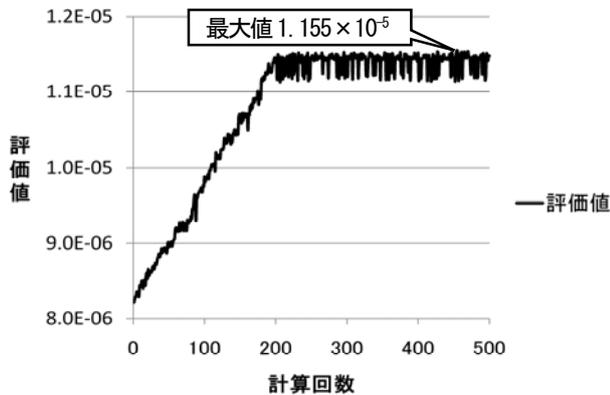


図-17 GA 計算回数と評価値の変動図

以上より、454 回目計算において評価値が最大となった。このときの各路線の観測交通量と推計交通量の相関係数を図-18に示す。

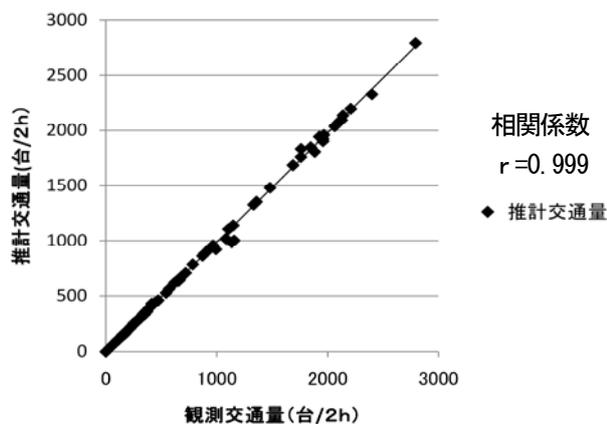


図-18 各路線の観測交通量と推計交通量の相関図

相関係数がほぼ 1 となり、観測値と推計値は一致する。よって、このときの内外交通の発生量の組み合わせを採用する。

5. OD 推計結果の検証と既存 OD との対比

推計された OD の検証は、実測 OD が無いため、実測された交通量および交差点分岐率に関して、利用者均衡配分法による推計値を照査し、検証する。

また、朝ピーク(7:00~9:00)において、これまで一般に行われているセンサス OD や PTOD による推計結果との対比を行う。なお、OD 推計に用いた観測リンク交通量は、平成 20 年 10 月 23 日に観測したものであり、センサス OD や PTOD と観測時期が異なっている。したがって、推計誤差にはこの影響が含まれている。

(1) 計算方法

a) 推計 OD における計算方法

利用者均衡配分法における BPR 関数等の計算条件は、表-6 に示す通り設定する。

表-6 利用者均衡配分法における計算条件表

車線幅員	3.25m	3.0m	3.0m	4.0m
車線数	4車	4車	2車	1車
交通容量	3,500/2h	3,000/2h	1,500/2h	1,000/2h
BPR 関数の定数	$\alpha = 0.48$			
	$\beta = 2.82$			
遅れ時間	路線の規制速度及び交差点状況に応じ設定			

b) 既存 OD における計算方法

BPR 関数における定数 (α , β , 遅れ時間) は表-6 と同様とし、各路線の交通容量は車線数や沿道状況に応じ適宜設定する。

また、既存 OD は日交通量であるため、朝ピーク時の交通量は、H17 センサス調査による昼夜率と交差点交通量観測時のピーク率により算定する(表-7 参照)。

表-7 昼夜率一覧表

道路種別	昼夜率	対象観測交差点
国道及び国道相当	1.31	N1, N3, N5, N7, N30
細街路	1.25	上記以外の観測交差点

(2) 計算結果

実測された交通量および交差点分岐率と、利用者均衡配分法による使用 OD 別(センサス OD, PTOD, GA 吸収マルコフ連鎖法による推計 OD) 推計値との照査結果を表-8 に示す。

なお、各路線の実測交通量と使用 OD 別推計交通量の一覧を表-9 に示す。また、断面交通量、上下線方向別交通量、及び交差点の分岐率について、観測値と使用 OD 別推計値との相関図を図-19~21 に示す。

表-8 観測値と使用 OD 別推計値との相関係数表

使用 OD	センサス	PT	GA 吸収マルコフ連鎖
断面交通量の相関係数	0.973	0.985	0.997
上下線方向別交通量の相関係数	0.920	0.950	0.995
交差点分岐率の相関係数	0.746	0.783	0.954

以上より、GA 吸収マルコフ連鎖法による推計 OD は、交通量の再現性はもとより、渋滞時の右左折・直進状況をほぼ正確に反映し、利用者動向の再現性が高い。

これに対し、既存 OD による推計は、交通量の再現性はあるものの、日交通量の OD であるため、朝特有の利用者動向は反映しがたいと考えられる。

表-9 観測交通量と使用OD別(センサスOD, PTOD, GA吸収マルコフ連鎖法による推計OD)交通量推計結果

路線No.	断面交通量				上下線方向別交通量				路線No.	断面交通量				上下線方向別交通量				
	観測値	センサス	PT	GAマルコフ	観測値	センサス	PT	GAマルコフ		観測値	センサス	PT	GAマルコフ	観測値	センサス	PT	GAマルコフ	
001					2,587	2,595	2,555	2,514	069					189	122	71	114	
002	4,780	5,122	5,146	4,708	2,193	2,527	2,591	2,194	070	382	244	157	267	193	122	86	153	
003					981	1,540	1,226	971	073					188	118	101	155	
004	2,757	3,132	2,486	2,743	1,776	1,592	1,260	1,772	074	440	233	183	352	252	115	82	197	
005					1,391	1,410	1,340	1,272	077					362	188	337	262	
006	2,547	2,788	2,590	2,465	1,156	1,378	1,250	1,193	078	492	362	510	367	130	174	173	105	
009					1,181	1,341	1,216	1,214	079					103	132	0	66	
010	2,403	2,713	2,521	2,310	1,222	1,372	1,305	1,096	080	277	314	0	224	174	182	0	158	
013					221	365	170	208	081					1,911	2,234	2,195	1,859	
014	285	733	338	268	64	368	168	60	092	4,065	3,668	4,151	4,091	2,154	1,434	1,956	2,232	
015					986	1,318	987	902	097					327	130	471	172	
016					1,105	613	951	1,038	098	965	1,106	943	644	638	976	472	472	
017					363	61	365	239	103					91	121	170	76	
018	723	793	679	608	360	732	314	369	104	526	254	502	415	435	133	332	339	
021	1,922	1,904	1,910	1,807	1,016	605	937	954	113	1,020	977	1,183	959	674	452	617	624	
022					906	1,299	973	853	114					346	525	566	335	
025	140	399	160	129	110	198	80	102	115	1,081	352	527	840	409	161	218	286	
026					30	201	80	27	116					672	191	309	554	
027	1,660	1,838	1,623	1,661	748	1,253	909	703	117	1,187	829	1,268	1,167	561	466	654	542	
028					912	585	714	958	118					626	363	614	625	
029					224	253	78	196	121					677	182	296	561	
030	474	477	315	343	250	224	237	147	122	1,056	337	505	820	379	155	209	259	
033					958	652	796	1,007	123					874	1,032	594	814	
034	1,683	2,048	1,809	1,671	725	1,396	1,013	664	124	1,139	1,191	1,080	1,028	265	159	496	214	
037					1,819	1,839	1,812	1,889	127					238	142	527	190	
038	3,721	3,658	3,640	3,790	1,902	1,819	1,828	1,901	128	1,186	1,213	1,148	1,080	948	1,071	621	890	
039					2,046	2,483	2,128	1,976	129					1,345	1,117	953	1,204	
040	4,242	4,242	4,023	4,267	2,196	1,759	1,895	2,291	130	1,636	1,293	1,650	1,431	291	176	697	227	
041					2,245	1,886	1,873	2,238	133					319	186	710	256	
042	4,324	3,820	3,766	4,074	2,079	1,934	1,893	1,836	134	1,701	1,372	1,695	1,496	1,382	1,186	985	1,240	
045					351	709	305	368	135					406	55	195	262	
046	703	768	658	604	352	59	353	236	136	877	257	905	533	471	202	710	271	
051					266	258	273	185	139					475	186	680	281	
052	435	549	363	299	169	291	90	134	140	880	229	866	554	405	43	186	273	
063					153	216	151	147	141					794	254	148	794	
064	532	563	337	317	379	347	186	170	142	1,132	681	309	1,117	338	427	161	323	
067					585	916	436	411	143					1,741	1,564	1,686	1,877	
068	941	1,051	870	620	356	135	434	209	144	3,765	3,898	4,092	3,845	2,024	2,334	2,406	1,968	
										147	1128	1147	790	993	1,128	1,147	790	993

※路線No.は、図-12参照

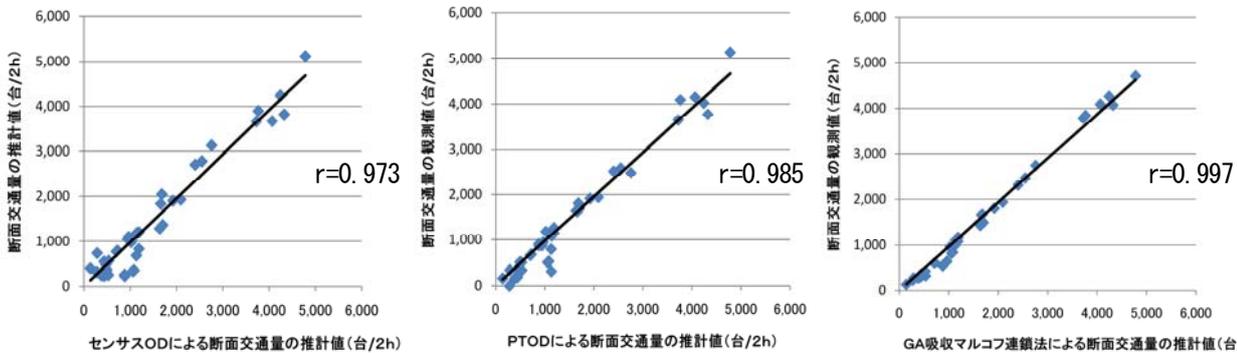


図-19 断面交通量の観測値と使用OD別(センサスOD, PTOD, GA吸収マルコフ連鎖法による推計OD)推計値との相関図

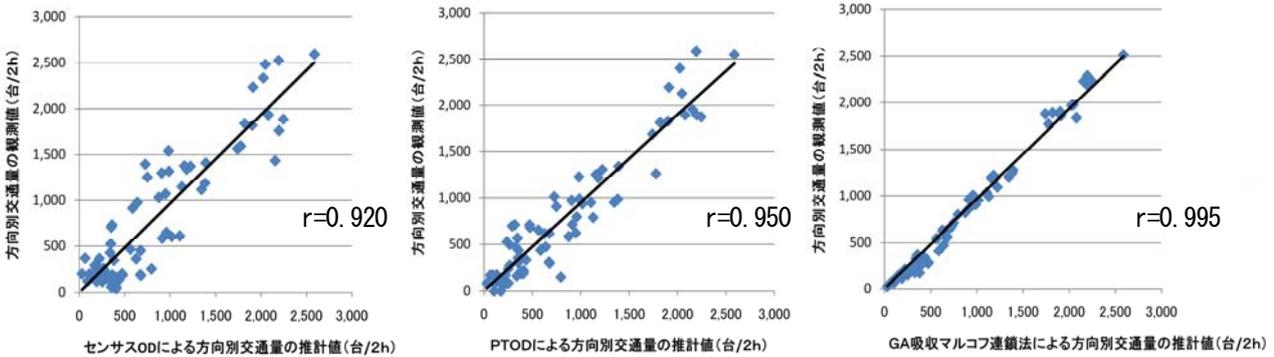


図-20 上下線方向別交通量の観測値と使用OD別(センサスOD, PTOD, GA吸収マルコフ連鎖法による推計OD)推計値の相関図

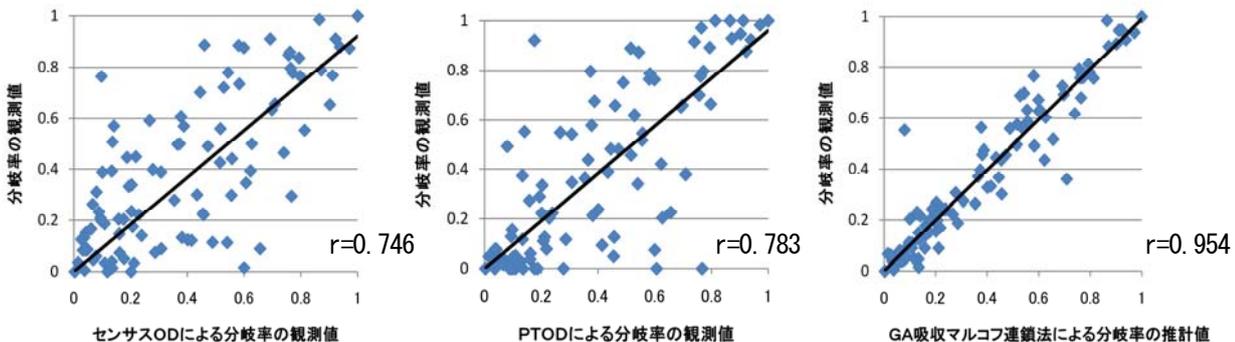


図-21 交差点分岐率の観測値と使用OD別(センサスOD, PTOD, GA吸収マルコフ連鎖法による推計OD)推計値の相関図

6. 今後の課題

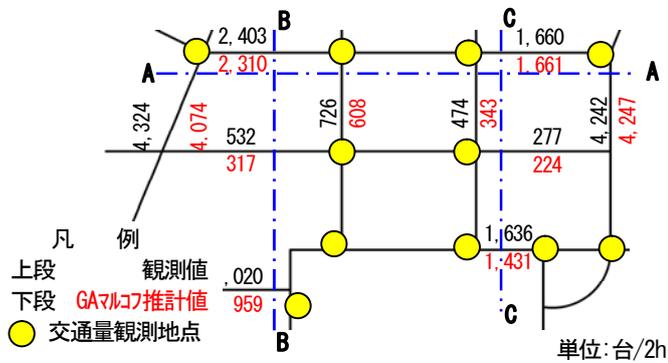
本研究では、GA 吸収マルコフ連鎖法における到達確率の算定において、現実的でないサイクル経路や長大経路を削除するとともに、より安定した高速計算を可能とする逐次計算を行い、また、調査等で外生的に与えることが困難な地域内への吸収率を、GA による域内からの発生交通量に応じて内生的に決めるものとした。

この結果、GA 吸収マルコフ連鎖法による推計 OD は、交通量の再現性はもとより、既存 OD では反映が困難な渋滞時(朝)の交通流の右左折・直進状況をほぼ正確に反映し、利用者動向の再現性が高いことが判明した。

しかし、今後は以下に示す課題を解消する必要があると考える。

(1) 内外交通の発生量の把握

図-22 に示すように、GA 吸収マルコフ連鎖による推計 OD を用いた断面交通量の推計値は、断面交通量の観測値より低いものとなった。これは、検討地区内の自動車保有台数を最大値として内外交通の発生量を推定したが、検討対象地区には近江町市場があり、オフィス街でもあるため、いったん「内」に吸収された交通が再び発生したことが要因と考えられる。これより、さらなる再現性の精度向上のため、内外交通の発生量の最大値の設定が課題である。



断面	観測値	GAマルコフ推計値	差	比率
A-A	9,766	9,272	-494	-5.1%
B-B	3,955	3,586	-369	-9.3%
C-C	3,573	3,316	-257	-7.2%

図-22 断面交通量の比較図

(2) 吸収マルコフ連鎖OD推計法の適用限界

吸収マルコフ連鎖による推計法は、交通量に分岐率を乗じるものであるため、交差点を通過するたびに交通量が減少し、いずれかの時点で0になる(図-23 参照)。

しかし、現実には7km程度の通勤(平均旅行速度を10km/hとすると42分の通勤時間)を行う運転者も多いと考えられる。このため、本研究でその兆候は見られなかったものの、発生地点から遠端の交通量が過少な

ると考えられ、この補正方法が課題であり、GA 吸収マルコフ連鎖OD推計法の適用限界を見定める必要がある。

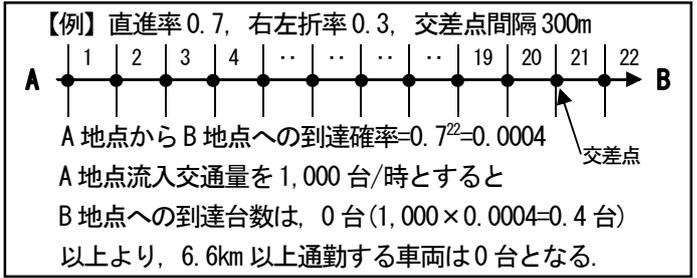


図-23 交通量消滅説明図

7. 謝辞

今回の研究に用いたデータは、金沢河川国道事務所、石川県、ならびに金沢市のご厚意によりご提供いただいたものであり、ここに厚く感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) H. J. Van Zuylen and L. G. Willumsen :The most likely trip matrix estimated from traffic counts, Transpn. Res.-B, Vol.14B, pp.281-293, 1980.
- 2) D. Van Vliet and L. G. Willumsen :Validation of the ME2 model for estimating trip matrices from traffic Counts, Proceedings of the 8th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, 1981.
- 3) 飯田恭敬, 高山純一, 小林光二:リンク観測交通量を用いたエンロピー最大化による道路網交通需要推計法, 土木計画学研究・講演集, No.9, pp441-448, 1986.
- 4) 高山純一, 飯田恭敬:リンク観測交通量を用いた残差平方和最最小化による交通需要推計法, 第40回土木学会年次学術講演概要集, 第IV部, pp407-408, 1985.
- 5) 飯田恭敬, 高山純一:リンクフローによるOD交通量推計モデル, 第18回土木計画学講習会テキスト, pp97-118, 1987.
- 6) 飯田恭敬:発生交通量のみを変量とした実測交通量による交通需要推計法, 土木学会論文報告集, 第283号, pp.95-104, 1974.
- 7) Robert B. Dial:A probabilistic multipath traffic assignment Model which obviates path enumeration, Transpn. Res., Vol.5, pp.83-111, 1970.
- 8) 飯田恭敬, 高山純一, 金井一二, 水口玲二:Dial 確率配

- 分法を導入したリンク交通量による道路構交通需要推計法, 都市計画別冊, 第19号, pp. 13-18, 1984.
- 9) 飯田恭敬, 高山純一: リンクフロー観測値を用いた一重制約型重力モデルによるOD交通量推計法, 交通工学, Vol. 26 No. 1, pp27-29, 1991.
- 1 0) 立石亮祐, 寺澤善理, 渡辺義則: 観測交通量によるOD交通量の簡便的な時点修正に関する検討, 第29回交通工学研究発表会論文集, NO. 60, pp237-240, 2009.
- 1 1) 前田友宏, 飯田恭敬, 倉内文孝, 上坂克己: BゾーンベースによるOD交通量逆推定モデルの実際適用性, 第29回交通工学研究発表会論文集, NO. 61, pp241-244, 2009.
- 1 2) Low, D. E.: A new approach to transportation systems modeling, Traffic Quarterly, pp. 391-404, 1972.
- 1 3) Jensen, T. and S. K. Nielsen: Calibrating GA gravity model and estimating its parameters using traffic volume counts, Proceeding from the English University Traffic Engineer's yearly congress, 1973.
- 1 4) J. Holm, et al: Calibrating traffic models on Traffic census results only, Traffic Engineering And Control, Vol. 17 No. 4, pp. 137-140, 1976.
- 1 5) 井上博司: 交通量調査資料を用いたOD交通量の統計的推計法, 土木学会論文報告集, 第332号, pp. 85-94, 1983.
- 1 6) 佐佐木綱: 吸収マルコフ過程による交通量配分理論, 土木学会論文集, No. 121, pp28-32, 1965.
- 1 7) 米谷栄二, 前島忠文: 連続マルコフ過程による交通量の時間的变化についての考察, 交通工学, No. 5, Vol. 2, pp. 11-16, 1967.
- 1 8) 米谷栄二, 佐佐木綱, 西藤立雄: マルコフ連鎖によるOD交通量の推定, 土木学会論文集, No. 129, pp. 15-22, 1966.
- 1 9) 大矢正樹: 吸収マルコフ連鎖を利用した交通規制実施の影響評価, 土木計画学研究・講演集, Vol. 4, pp. 430-433, 1982.
- 2 0) 西井和夫, 古屋秀樹, 坂井努: 時間軸を考慮したマルコフ連鎖モデルによる観光周遊行動分析, 交通工学, Vol. 5, No. 17, pp. 21-30, 1996.
- 2 1) 高山純一, 足立義幸, 飯田恭敬: 遺伝的アルゴリズムを用いた吸収マルコフ連鎖による観測交通量からの簡易OD推計法, 土木学会年次学術講演会講演概要集 第4部, Vol. 49, pp. 754-755, 1994.
- 2 2) 杉山智美, 高山純一, 藤岡寛之: GAを用いた吸収マルコフ連鎖による観測交通量からの簡易OD推計法の適用性, 土木学会年次学術講演会講演概要集 第4部, Vol. 50, pp. 142-143, 1995.
- 2 3) 高山純一, 杉山智美(1997): 吸収マルコフ連鎖を用いた観測交通量からのOD推計法に関する研究, 土木学会論文集, No. 569 IV-36, pp. 75-84
- 2 4) 高山 純一, 中山 晶一郎, 八木 基徳, 赤松 隆: サイクリック経路を除去した吸収マルコフモデルによるOD交通量推計に関する研究, 土木学会年次学術講演会講演概要集 第4部 Vol-60, pp. 4-28, 2005.
- 2 5) 鈴村 哲矢, 高山 純一, 中山 晶一郎, 赤松 隆: LOGIT型配分による吸収マルコフ連鎖を用いたOD交通量推計に関する研究, 土木計画学研究発表会・講演集 Vol-33, 2006.
- 2 6) 鈴村 哲矢, 高山 純一, 中山 晶一郎, 赤松 隆: 吸収マルコフ連鎖を用いたOD交通量推計の誤差に関する研究, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol-34, 2007.

金沢市における現実道路ネットワークへの適用を図る改良吸収マルコフ連鎖OD推計法の実施例*

安藤 正幸**・高山純一***・中山晶一郎****

道路計画の立案において、道路交通センサ調査結果やパーソントリップ調査結果を用いる場合が多いが、渋滞対策を考慮した道路計画では、渋滞時の利用者動向の把握が重要であり、渋滞時のOD推定が必要となる。本研究では、GA吸収マルコフ連鎖法を用いて、吸収率は内発生交通量に応じて変動させるものとし、逐次計算により実務上誤差を許容できるOD推計手法を提案する。研究の結果、GA吸収マルコフ連鎖による推計ODは、センサ・パーソントリップ調査結果と比較し、より正確に利用者動向を反映できることが判明した。

An improved absorbing Markov chain OD estimation model for real road network and its application to Kanazawa City*

By Masayuki ANDOU**・Jun-ichi TAKAYAMA***・Shoi-chiro NAKAYAMA****

In the road plan that considered an anti-traffic jam measure, it needs to estimate an OD at the time of the traffic jam.

In this study, by the GA absorption Markov chain method, I change the absorption rate depending on inner outbreak traffic quantity, and I suggest the OD estimation technique that can permit a slight error in business.

As a result of study, it became clear that the estimated OD by the GA absorption Markov chain method can reflect a user trend more precisely in comparison with the road traffic census and the person trip survey result.